

# Como projetar e executar placas de circuito impresso.

Aprenda a desenhar sua própria placa de circuito impresso a partir do diagrama esquemático do aparelho, conseguindo desta forma montar qualquer aparelho, principalmente os que são descritos nesta Edição Fora de Série e em muitas outras publicações técnicas que não trazem o lay-out da placa. Projetar é diferente de elaborar uma placa, mas não é "coisa do outro mundo" conforme os leitores verão neste artigo especial.

Newton C. Braga

Um dos grandes problemas dos leitores é preparar uma placa de circuito impresso, tendo em mãos apenas o diagrama de um determinado aparelho. Tal tarefa, a partir de um desenho pronto, que mostre as trilhas e a disposição dos componentes facilita bastante qualquer montador, mas nem sempre é possível dispor deste desenho, quando então o próprio montador deve fazer seu projeto de placa.

Muitos leitores se desesperam quando ocorre isso, escrevendo para autores do projeto, redação da própria revista ou pedindo socorro a montadores mais experientes, visando obter o desenho pronto da placa quando eles próprios poderiam elaborá-lo até com certa facilidade.

É claro que, o projeto de uma placa tem um grau de dificuldade proporcional à complexidade do circuito que ela pretende alojar. Existem projetos tão simples que não exigem sequer um desenho prévio aos mais experientes, que já "imaginam" a disposição das trilhas à medida que a preparam, mas há projetos que são tão complicados que precisam até do auxílio do computador para que uma solução rápida e viável possa ser obtida.

Programas especiais, como o CAD-CAM o Tango o Smart Worth e outros, permitem a elaboração do projeto das placas pelo próprio computador que "joga" o lay-out final de uma placa numa impressora ou num Plotter mas evidentemente estes recursos se destinam apenas aos trabalhos profissionais e não ao leitor que simplesmente quer uma placa para uma eventual montagem.

Assim, visando atender aos que não tenham estes recursos especiais e que desejam projetar suas placas de grau de dificuldade pequeno e médio, preparamos este especial que também

é bastante didático aos que mal sabem o que é uma placa, partindo do início.

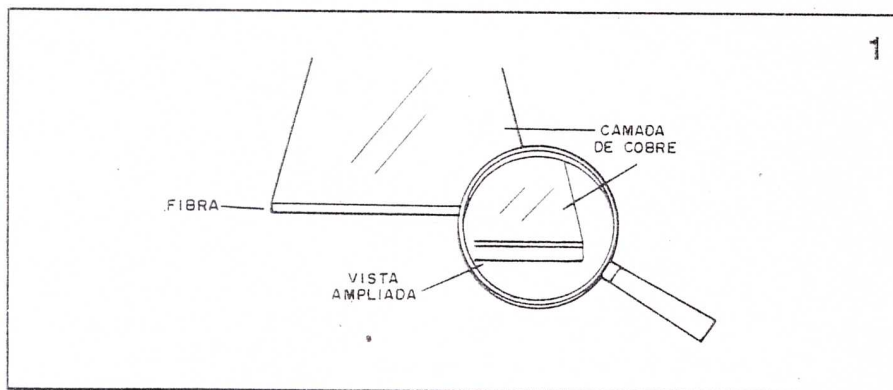
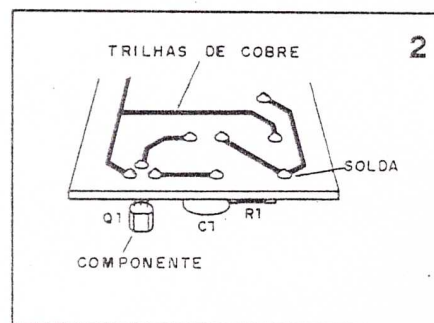
## A PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

A placa de circuito impresso visa substituir o "chassi" que sustenta os componentes num aparelho e que antigamente era de metal. Também proporciona as ligações entre os diversos componentes que formam o circuito final.

As placas são basicamente feitas de fibra ou fenolite contendo uma camada fina de cobre depositado conforme mostra a figura 1 que pode ser corroído, de modo a formar trilhas por onde passam as correntes do circuito. Como o cobre está firmemente depositado na placa e as trilhas são formadas

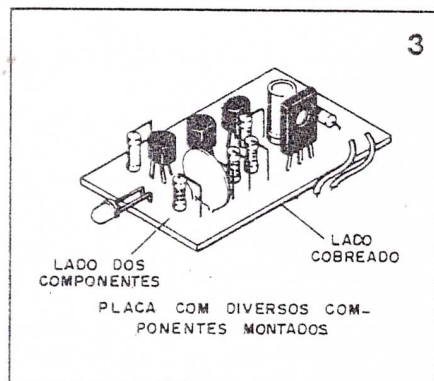
trilhas que estão "grudadas" na placa proporciona a sustentação do componente (figura 3).

O projeto de uma placa consiste em se planejar tanto a disposição dos componentes como das trilhas de cobre (que substituem os fios) que interligam os componentes e resultem no circuito



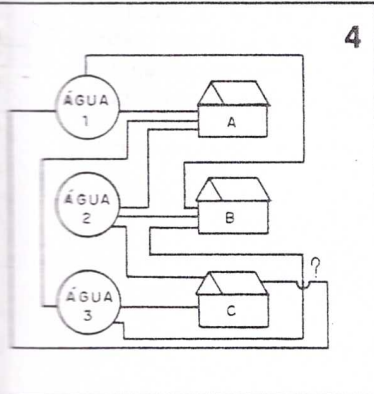
por processos que lembram bastante uma impressão de símbolos numa folha de papel, pois são finas, temos a denominação de "circuito impresso" (fig. 2).

No lado oposto àquele em que se encontram as trilhas são colocados os componentes, cujos terminais atravessam a placa por furos estrategicamente dispostos e podem ser soldados no próprio cobre depositado, estabelecendo assim o contato elétrico. Além do contato elétrico, a soldagem firme em



...ico desejado. O fato das trilhas impressas, ou seja, só poderem estar em um único plano na placa de circuito impresso, traz algumas dificuldades aos projetistas. As trilhas não podem se cruzar, o que leva, às vezes, a tentar percursos ou disposições alternativas, que consistem no principal trabalho "mental" dos leitores que querem aprender a montar e projetar suas próprias placas.

Podemos dizer que a elaboração de um projeto de placa lembra em muitos aspectos o problema infantil tradicional de "enxugar" mangueiras de 3 poços de água para 3 casas sem deixá-las cruzadas, conforme sugere a figura 4. Nas placas, mesmo quando é impossível evitar o cruzamento, existem soluções, que veremos durante o artigo.



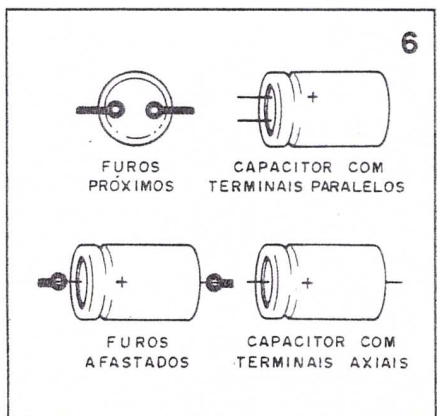
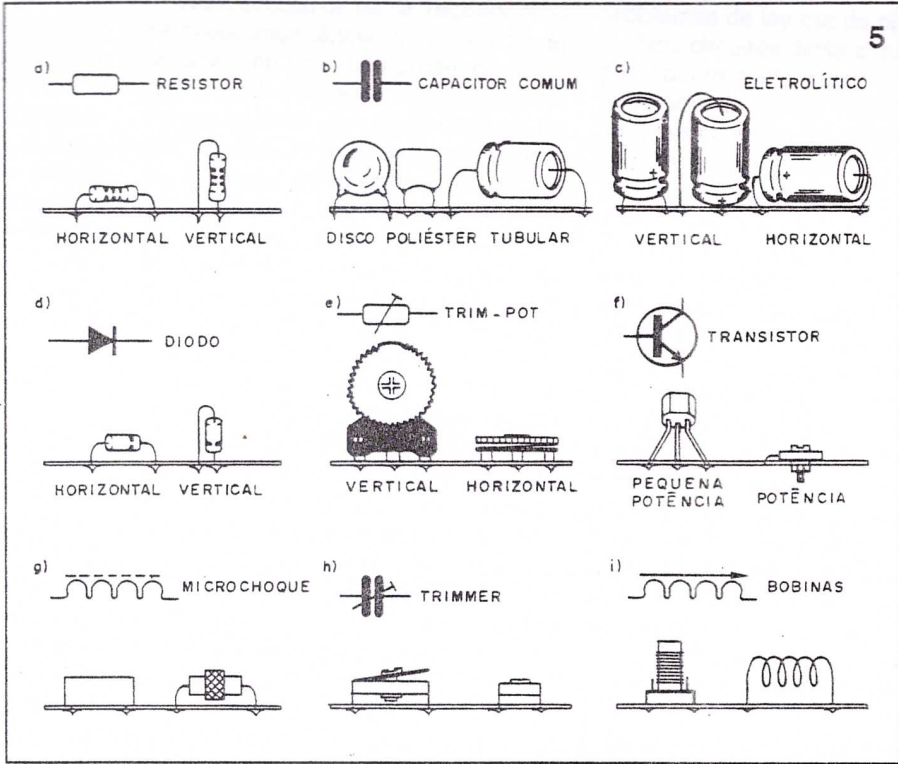
**INTERPRETAÇÃO DE DIAGRAMAS**

O ponto fundamental para fazer qualquer projeto de placa de circuito impresso e montagem de aparelho eletrônico é saber interpretar um diagrama de esquema.

Para isso, além do conhecimento da simbologia empregada (que não é tarefa fácil), o leitor também deve ter uma noção do aspecto físico dos componentes e de como eles normalmente ficam numa placa.

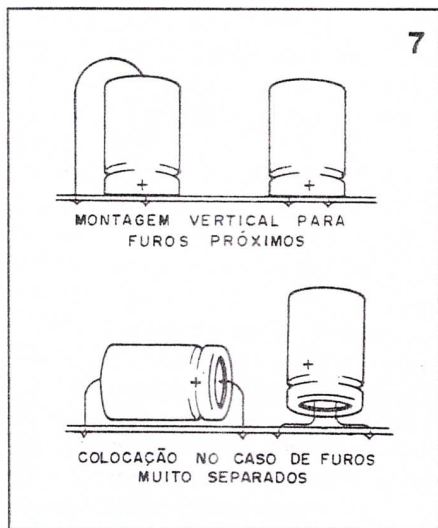
É claro que o leitor também deve saber interpretar as ligações num diagrama, que nem sempre correspondem à disposição real dos componentes no aparelho depois de pronto.

Para facilitar os leitores menos experientes, damos a seguir uma relação de componentes com seus símbolos e de maneira como eles podem ser montados numa placa (figura 5). Veja que muitos componentes tanto admitem a montagem em posição horizontal como vertical, enquanto que outros podem ter disposições diversas para seus terminais. Esta disposição de terminais é



importante na escolha do componente, pois determinará a separação dos furos para sua passagem na hora de planejar a placa de circuito impresso. Por exemplo, se formos usar um capacitor eletrolítico com terminais paralelos é muito mais interessante fazer para este componente furos próximos, do que do tipo que seriam necessários para utilização de um capacitor com terminais axiais (figura 6). A o caso inverso, isso também ocorre, se bem que há casos em que tanto um, como, outro possam ser utilizados, conforme mostra a figura 7. Nessas circunstâncias, podem ser usados apenas eletrolíticos com terminais longos.

Veja que a elaboração do lay-out de uma placa, deve prever também se o circuito pode ou não ocupar um espaço maior. A disposição dos componentes



de uma forma compacta é sempre mais difícil do que uma disposição "folgada" de um circuito menos crítico.

**PONTOS CRÍTICOS**

É importante observar que o projeto de uma placa nem sempre só se limita em planejar uma disposição de componentes e trilhas que resulte na configuração desejada. Existem alguns pontos críticos que o projetista deve estar apto a contornar e que exigem, em alguns casos, experiência. Isso significa que, para os iniciantes sempre é preferível começar as montagens com o projeto de placas simples e que não possuam estes pontos. Placas de fontes, áudio e

circuito digital são críticos. Os pontos críticos são aqueles que exigem experiência para serem resolvidos. Os pontos críticos são aqueles que exigem experiência para serem resolvidos.

a) C... Os pontos críticos são aqueles que exigem experiência para serem resolvidos.



b) T... Trilha: Um diagrama que mostra uma trilha de circuito impresso com um componente montado nela.

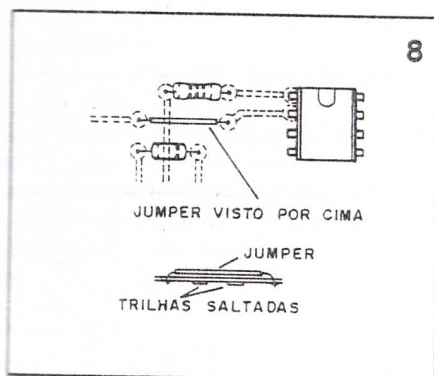


circuitos de baixas frequências em geral são as recomendadas para os iniciantes. As placas de receptores, circuitos de alta frequência em geral, ou mesmo circuitos de altas correntes são as que mais problemas apresentam no que se refere à disposição dos componentes, mas a "campeã" das placas, em matéria de pontos críticos, é a que deve ser usada para alojar um circuito digital rápido (de alta frequência) com muitos integrados. Se o leitor é iniciante e deseja fazer sua própria placa, sugerimos que de modo algum comece com coisas como relógios, freqüencímetros ou outros instrumentos digitais!

Os principais pontos críticos são:

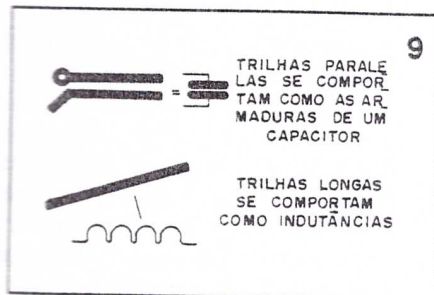
#### a) Cruzamento de trilhas.

Os cruzamentos de trilhas, que não tenham solução por um trajeto maior ou em que se deseja evitar isso, podem ser resolvidos com a colocação de um "jumper", que nada mais é do que um pedaço de fio que "salta" de um ponto a outro da placa, pelo lado dos componentes, conforme mostra a figura 8. Os jumpers podem ser feitos com pedaços de fio rígido com ou sem capa plástica.



#### b) Trilhas longas.

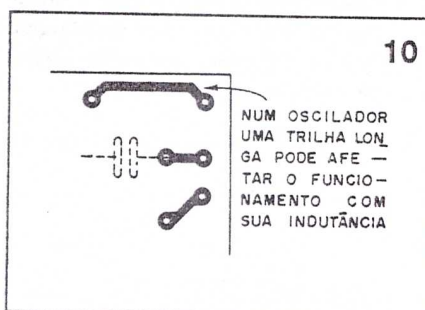
Trilhas muito longas, ligando dois componentes numa placa, conforme mostra a figura 9, podem representar indutâncias ou capacitâncias parasitas. Em outras palavras, uma trilha que corra paralela a outra, conforme mostrado na figura, representa uma capacitância de alguns picofarads, ou seja, a ligação



de um capacitor entre as duas trilhas com um valor que dependerá do comprimento paralelo destas trilhas.

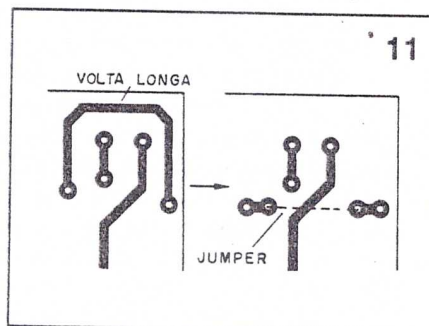
Num circuito de baixa frequência ou de baixa impedância, a ligação de tal capacitor ou seja, sua presença pelas proximidades das trilhas nada significa, mas no caso de um circuito de áudio de alta impedância e grande sensibilidade, como um pré-amplificador, isso pode significar um problema: o sinal pode ser "desviado" para a outra trilha, pode ocorrer uma realimentação que causa a oscilação do circuito, ou ainda pode ocorrer a captação do sinal que passa numa, por parte da outra.

Nos circuitos de alta frequência a coisa é ainda pior. As trilhas longas além de representarem capacitâncias, em relação as outras próximas, também se comportam como indutores ou bobinas, conforme sugere a figura 10.



Como sabemos, uma bobina representa uma oposição à passagem de um sinal de alta frequência, prejudicando assim o funcionamento do circuito. Em outras palavras, nos circuitos de altas frequências ou de pré-amplificadores de áudio e outros de alta impedância, é preferível, às vezes, usar um jumper do que fazer uma trilha longa (fig. 11).!

Da mesma forma, as ligações entre componentes na condução de sinais muito distantes deve ser feita, em al-



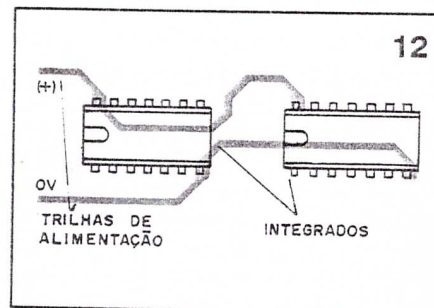
guns casos, externamente por meio até de cabos blindados!

Os circuitos de altas frequências e mesmo de áudio mais críticos podem

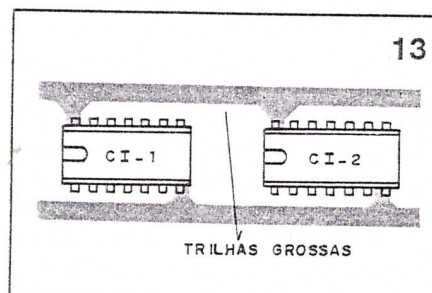
trazer, às vezes, sérios problemas para o projetista, exigindo muita prática para sua solução. Estes são os chamados problemas de lay-out de placa.

Nos circuitos digitais, as trilhas longas podem ainda trazer problemas de acoplamento. Uma trilha representa uma resistência que depende de sua largura e comprimento.

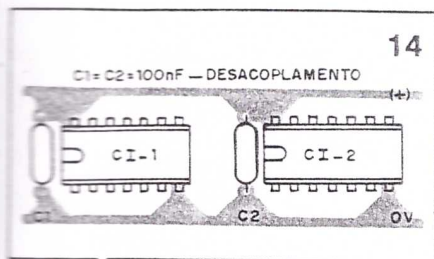
Um circuito integrado digital, quando muda de estado, exige uma corrente muitas vezes maior do que a que ele exige na condição de estabilidade, ou seja, num estado ou outro. Esta exigência momentânea de corrente na comutação, a partir de uma trilha que conduz a corrente para este integrado, pode causar um "colapso" momentâneo que afeta outros integrados próximos, se alimentados pela mesma trilha, conforme sugere a figura 12. Esta influência pode chegar, nos casos mais críticos, a provocar o funcionamento aleatório dos integrados afetados, o que deve ser evitado.



Assim, em lugar de se fazer uma trilha única para alimentar diversos integrados, às vezes é preferível usar diversas trilhas a partir de uma região comum onde está a fonte, conforme mostra a figura 13. Mas, quando isso não é possível, o efeito deste colapso pode ser evitado com a ligação de capacitores adicionais denominados de "desacoplamento".



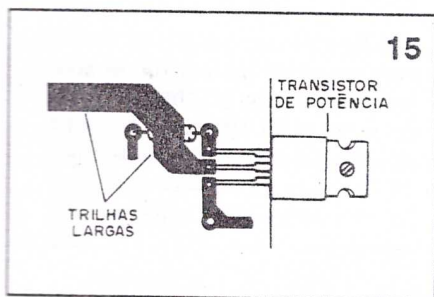
Estes capacitores, normalmente cerâmicos de 100 nF, são colocados próximos do pino de alimentação do integrado conforme mostra a figura 14.



### c) Correntes intensas.

Nos circuitos de alta potência (como fontes de alimentação potentes, amplificadores, transmissores) existem pontos em que a intensidade da corrente pode ser elevada, acima de 1 ou 2A, o que é um ponto crítico ao projeto de placas. As trilhas de cobre depositado numa placa são extremamente finas, de modo que sua capacidade de conduzir corrente depende basicamente de sua largura. Uma trilha estreita, de alguns milímetros não suporta correntes intensas, podendo aquecer e até romper-se com efeitos desastrosos para o aparelho. Para cada ampère de corrente é preciso que a trilha tenha aproximadamente 2 mm de largura, para se obter razoável segurança num circuito convencional.

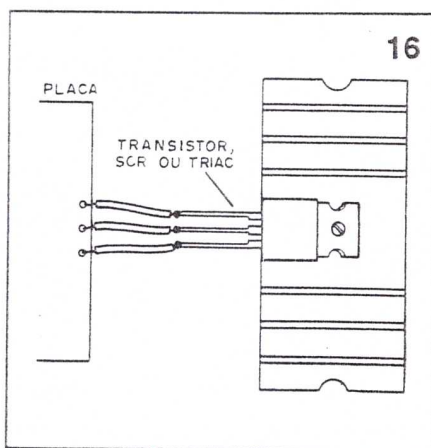
Se houver espaço físico no projeto para uma trilha mais larga do que o mínimo previsto, conforme mostra a figura 15, não deixe de fazê-la. Uma trilha mais larga também significa menor resistência, o que é muito importante para se evitar perdas no próprio circuito.



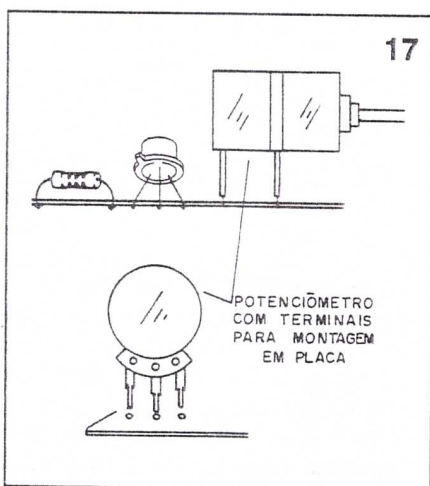
### d) Componentes fora das placas.

Nem todos os componentes, podem ser montados numa placa de circuito impresso, para a elaboração de um projeto. Na verdade, componentes volumosos como transformadores devem ser montados fora das placas. Transistores de potência, SCRs e Triacs que precisem de radiadores de calor também devem ficar fora das placas, sendo conectados a ela por meio de fios, conforme sugere a figura 16.

Potenciômetros e outros elementos de controle podem ou não ser coloca-



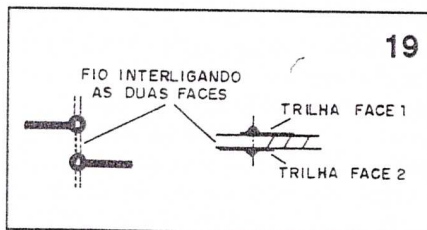
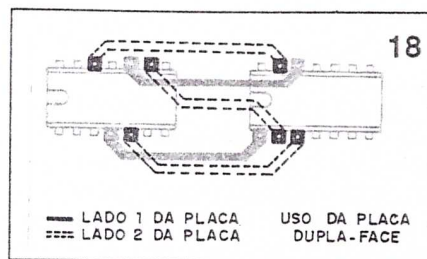
dos na placa, dependendo da previsão que seja feita em relação à instalação do conjunto numa caixa. veja que é preciso muito mais cuidado no planejamento de um painel ou caixa que deva ter um controle (como por exemplo: um potenciômetro) montado na própria placa, do que no caso de conexão externa por meio de fios, conforme mostra a figura 17.



### e) Dupla face.

Nos projetos em que a quantidade de jumpers seja grande, o que ocorre por exemplo em muitas montagens digitais, pode-se utilizar um tipo de placa que facilita a elaboração do projeto. Trata-se de uma placa que possui os dois lados cobreados. No caso de trilhas que se cruzem podemos então planejar sua colocação de tal forma que uma fique de um lado da placa e a outra do outro lado, conforme mostra a figura 18.

A passagem da corrente de uma lado para outro pode ser feita por meio de pequenos pedaços de fios soldados nas duas faces em furos alinhados, conforme mostra a figura 19. Nas placas de desenho industrial, como as



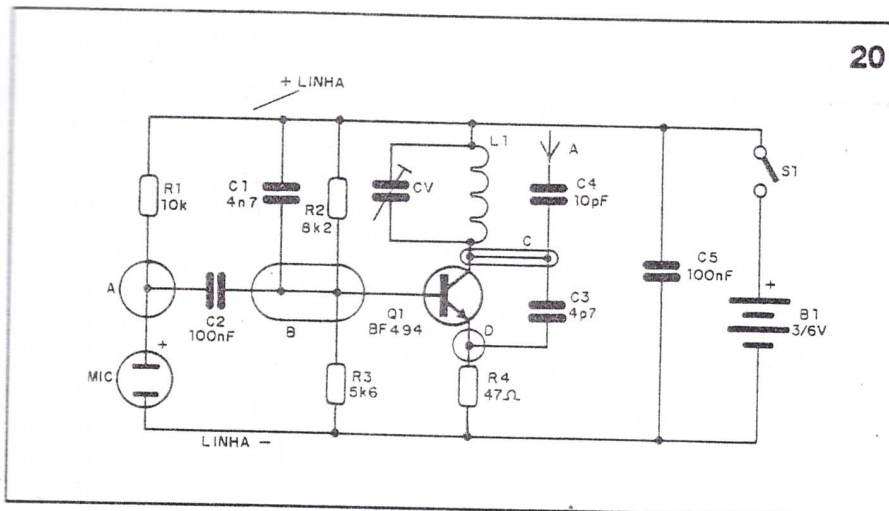
usadas em montagens digitais complexas, computadores, etc. esta passagem pode ser feita através de furos metalizados.

## PROJETO SIMPLES

Existem diversas técnicas de projetos que podem ser aplicadas a circuitos de complexidades variadas. Para iniciar daremos um processo simples de projeto que permite a realização de placas relativamente simples, com poucos componentes, nas quais o problema de trilhas longas ou espaço não seja importante.

Este processo consiste basicamente em se ter uma disposição de componentes semelhante ao diagramas esquemático, na própria placa de circuito impresso, com pequenas variações. Podemos tomar como exemplo o projeto de uma placa muito solicitada que é a de um pequeno transmissor de FM, cujo diagrama é mostrado na figura 20. Veja que neste projeto só teremos transistores e componentes passivos. Inicialmente ainda não abordaremos os projetos que utilizem circuitos integrados.

O que fazemos inicialmente é desenhar numa folha a disposição dos componentes do diagrama, levando em conta suas dimensões reais. Para os resistores, desenhamos unidades com aproximadamente 3 cm (menos, se quisermos uma montagem mais compacta) e 2 cm para os capacitores cerâmicos ou poliéster, para os eletrolíticos podemos pensar em montagem horizontal, deixando as unidades com tamanhos que variem entre 2 e 3 cm dependendo de sua capacitância (daremos uma tabela com as dimensões reais para facilitar projetos mais com-

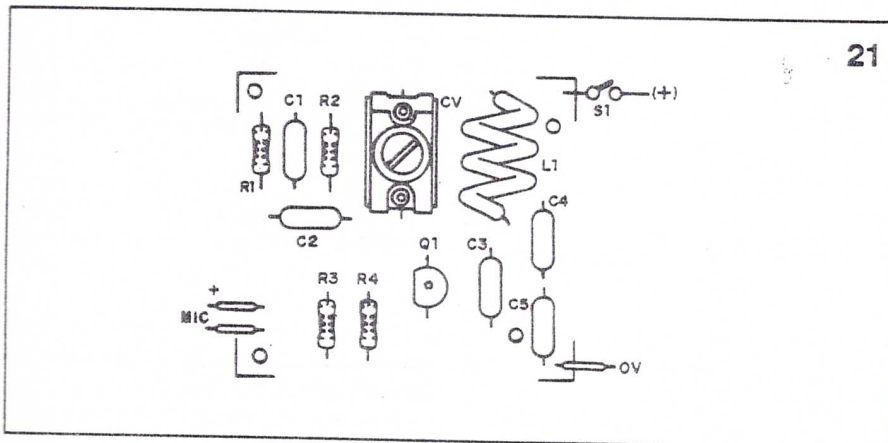


No nosso projeto (diagrama) estes nós são marcados pelas letras A, B, C e D. Veja que eles correspondem a interligações entre componentes que não são feitas com a alimentação positiva ou negativa. Assim, partindo do nó A, vemos que é preciso interligar, através de trilhas, um dos pólos de R1 o capacitor C2 e a entrada positiva do microfone. Da mesma forma, levando em conta o nó B, temos a interligação dos seguintes pontos: terminal de C1, C2, R2 e R3 e a base do transistor Q1.

Na figura 23, temos a realização destas interligações e também as correspondentes aos nós C e D. Com isso, todas as conexões estão feitas e já teremos um desenho da nossa placa de circuito impresso. Observe, entretanto que este desenho corresponde à disposição das trilhas vista do lado em que colocamos os componentes.

Para transferir este desenho para a placa de cobre virgem temos de "invertê-lo". Isso pode ser feito facilmente se copiarmos o mesmo desenho, passando um lápis ou caneta, tendo uma folha de carbono conforme mostra a figura 24.

O desenho que fizemos é como se tivéssemos uma placa que está olhada do lado dos componentes e queremos

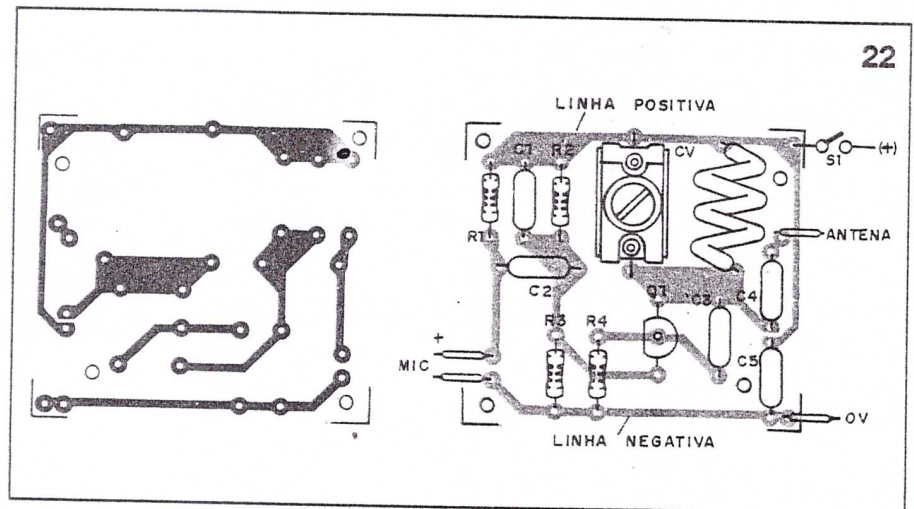


plexos). Para estes componentes o ideal é tê-los em mãos para saber que tamanho têm e portanto que espaço precisam na placa. A bobina ocupa um espaço de 1 cm e o trimmer 2 cm.

Interruptor geral, pilhas e microfone devem ficar fora da placa mas devemos prever os seus pontos de ligação. Temos então um desenho preliminar do tipo mostrado na figura 21. Agora, com base na disposição dos terminais dos transistores, fazemos também sua colocação e passamos a pensar nas trilhas de cobre que deverão ser impressas.

Analisando o diagrama do pequeno transmissor devemos verificar todas as ligações que devem ser feitas entre os componentes. Em primeiro lugar identificamos as linhas de alimentação (+ e -) que correm normalmente nas bordas da placa. Assim, a linha positiva (+) deve partir de S1 e chegar até R1, C1, R2, CV, L1 e C5. Já a linha negativa chega aos componentes seguinte: negativo do microfone, R3, R4 e o outro pólo de C5.

O que fazemos então é desenhar na folha, com lápis ou caneta de cor diferente da usada para desenhar os com-



ponentes, as trilhas que correspondem a estas conexões, conforme mostra a figura 22.

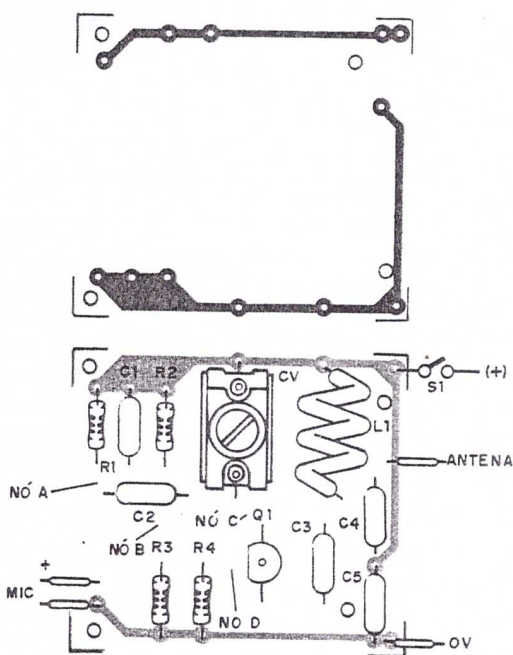
Observe, então, que todos os pontos que devem receber alimentação positiva ou negativa, segundo o diagrama, já estarão conectados pelas trilhas desenhadas no nosso projeto.

O próximo passo consiste em determinar nós de conexões, ou seja, pontos em que temos a interligação de dois ou mais componentes.

fazer a gravação das trilhas do outro lado (lado de baixo), daí a necessidade deste procedimento.

De posse do desenho fica fácil copiá-lo no lado cobreado da placa e partir para sua montagem.

Evidentemente, a disposição que obtivemos não é das mais compactas. Partindo deste desenho podemos ter o projetos de placas muito mais compactas.



Evidentemente, no caso de uma placa tão compacta também será preciso muito mais habilidade na hora de transferir seu desenho para o cobre e fazer a corrosão. Daremos algumas dicas no final do artigo.

Evidentemente, por tratar-se de placa bastante simples não precisamos sequer de um jumper.

### PLACAS COM CIRCUITOS INTEGRADOS

O invólucro mais comum para os circuitos integrados é o DIL (Dual in Line) que consiste em uma pequena caixa plástica com duas filas de terminais paralelos (como o próprio nome em inglês sugere).

O desenho de uma placa de circuito impresso que aloje um ou mais destes integrados não é difícil, mas deve prever o correto dimensionamento do componente. A distância entre os furos para a passagem dos terminais destes integrados deve ser rigorosamente observada para que ele depois se "encaixe" e possa ser soldado.

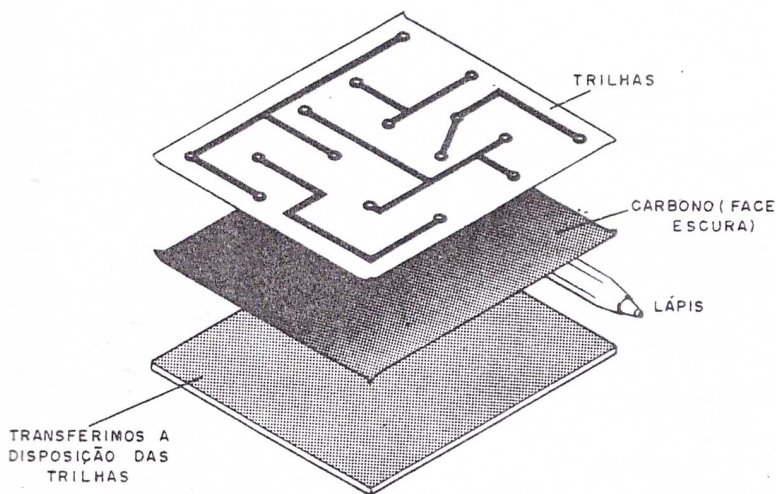
Se bem que, com habilidade apenas com uma caneta podemos desenhar uma placa que aloje tais integrados, o ideal é partir de algum recurso mais prático que já tenha previsto o dimensionamento dos integrados. O ideal é a utilização dos símbolos auto-adesivos ou decalques que podem ser adquiridos em cartelas, conforme sugere a figura 27.

Estes decalques já prevêm não só a separação certa para os invólucros DIL dos integrados como em alguns casos até podem ter finíssimas trilhas que passam por entre estes terminais, o que é praticamente impossível de se conseguir somente com uma caneta comum de circuito impresso.

Para exemplificar como trabalhar com este tipo de componentes, tomemos o circuito da figura 28. O que temos é um trimmer que utiliza apenas um integrado do tipo 555 e mais três transistores, pressionando-se S1, no final do tempo ajustado por P1, o oscilador entra em ação "apitando". Os tempos podem ser ajustados na faixa de alguns segundos até perto de 15 minutos.

Partimos então de uma disposição de componentes conforme o diagrama levando em conta o formato e disposição dos pinos do circuito integrado, conforme mostra a figura 29.

Numa fase inicial, procuramos "alimentar" todos os componentes fazen-



### PROJETOS MAIS COMPACTOS.

A partir da disposição preliminar do processo anterior, com um pouco de prática pode-se obter uma placa de circuito impresso para uma montagem muito mais compacta.

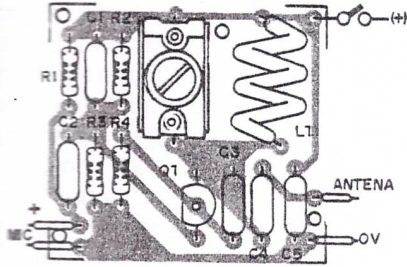
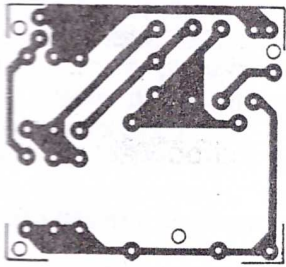
Podemos num primeiro passo "juntar" os componentes e obter algo como mostrado na figura 25.

Procedemos então da mesma maneira para fazer as trilhas de cobre, tanto das alimentações positivas e negativas como as "ilhas" das interligações centrais. Mas, se quisermos real-

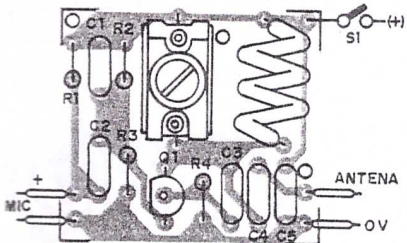
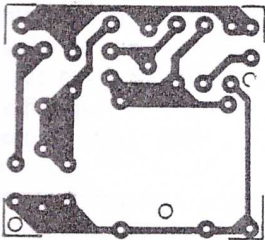
mente uma montagem muito mais compacta, de posse do tamanho real dos componentes podemos juntar ainda mais tudo em nossa placa. Os resistores, por exemplo podem ser montados em posição vertical, deixando-se entre seus terminais para os furos uma distância de apenas 4 ou 5 mm. Para os capacitores podemos deixar a mesma distância, em função do tamanho real das peças que estivermos usando.

A bobina e o trimmer não podem ter muita alteração no espaço ocupado, mas já chegamos a algo muito menor, conforme mostra a figura 26.

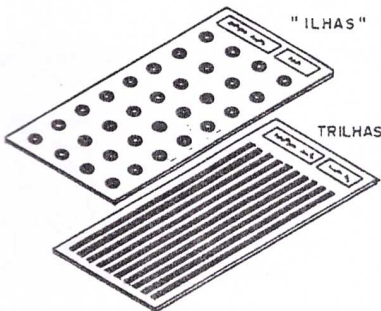
25



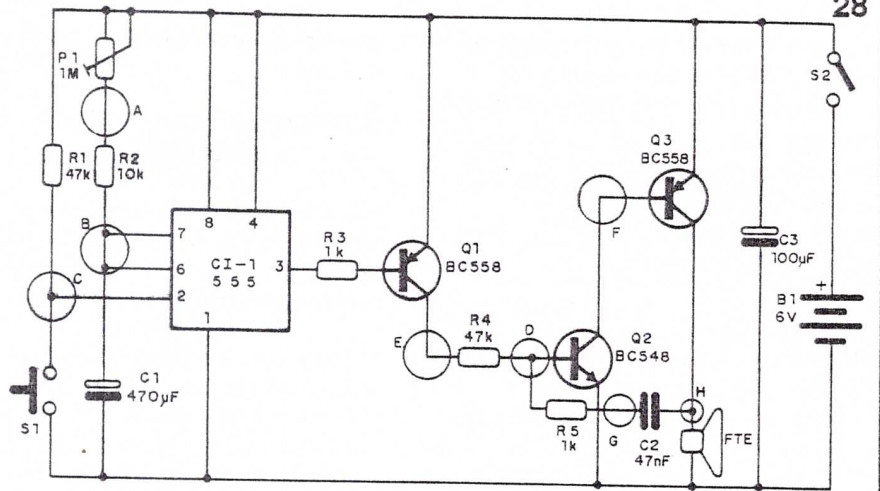
26



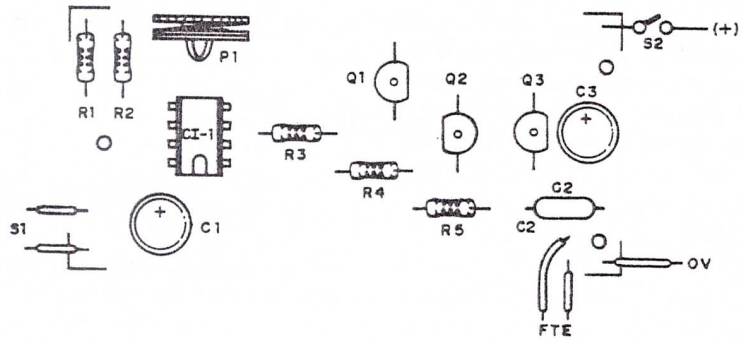
27



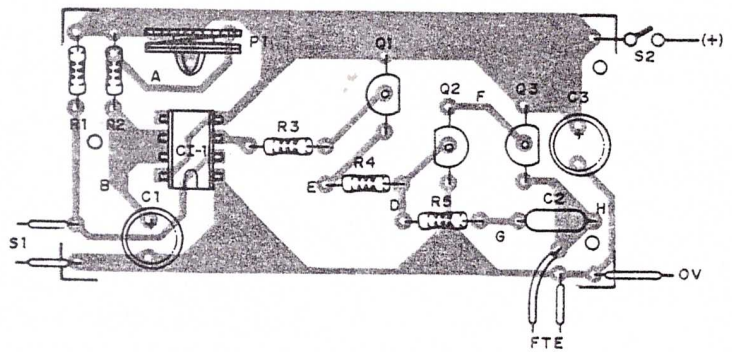
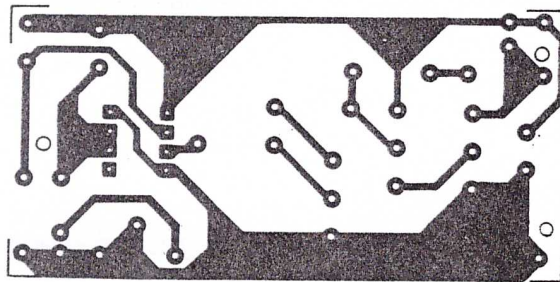
28



29



30



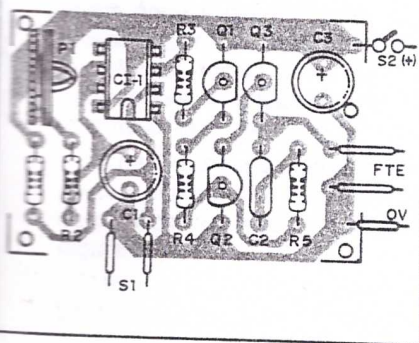
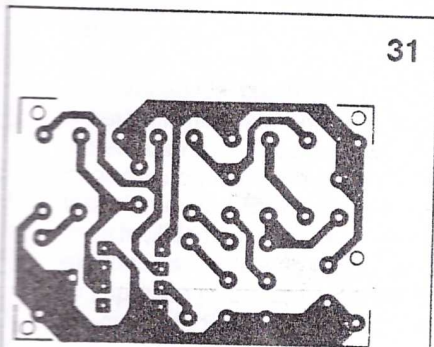
do as conexões com a linhas positiva e negativa que correm paralelas pelas bordas horizontais da placa. Estas conexões correspondem então a:

Positivo: R1, P1, pinos 8 e 4 do integrado, emissor de Q1, emissor de Q3 e pólo positivo de C3.

Negativo: S1, pólo negativo de C1, pino 1 do integrado, emissor de Q2, saída do alto-falante e pólo negativo de C3.

As interligações intermediárias são em maior número neste projeto, sendo marcadas com as letras de A até H e identificadas no diagrama da figura 28. Temos então o circuito desenhado conforme mostra a figura 30. Observe que R2 deve ir a C1 e também ter conexão com os pinos 7 e 6 do integrado que são interligados. O resistor R3 deve ser ligado tanto ao pino 3 do integrado como à base de Q1.

Neste projeto foi utilizado para P1 um trim-pot mas nada impede que sejam previstas ilhas de conexão para fios que ligarão um potenciômetro externo. Neste caso também podemos perfeitamente "melhorar" o projeto com uma disposição de componentes mais compacta, isso é exemplificado com o desenho da figura 31. Também neste caso, devemos lembrar que o desenho inicial foi feito observando-se a placa pelo lado dos componentes. A posição dos transistores deve ser estabelecida em função do conhecimento da disposição de seus terminais.

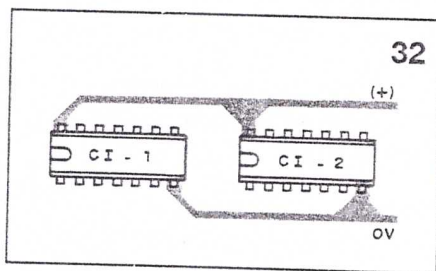


É importante conferir o desenho, da placa pelo diagrama, para e verificar, se nenhum componente ficou sem alguma ligação.

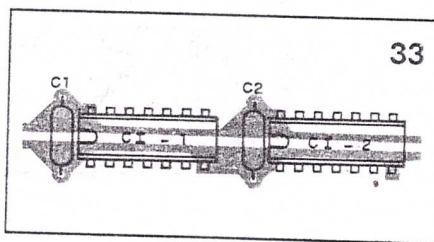
### MONTAGENS COM DIVERSOS INTEGRADOS

Nos projetos digitais que levem diversos integrados, como por exemplo freqüencímetros, relógios, etc, a primeira preocupação ao se desenhar a placa é com sua alimentação.

Existem duas técnicas principais de disposição de alimentação para placas que possuam muitos integrados. A primeira é mostrada na figura 32 e consiste em se fazer correr as trilhas positiva e negativa nas bordas da placa, descendo perpendicularmente as trilhas de alimentação para cada integrado. Lembremos a necessidade de capacitores de desacoplamento junto aos integrados em muitas aplicações mais rápidas.



A segunda consiste em se fazer correr as trilhas de alimentação por entre os terminais do integrado, conforme mostra a figura 33. Neste caso também deve ser prevista a colocação dos capacitores de desacoplamento.



Num projeto que tenha muitos integrados será preciso, muitas vezes planejar a disposição das ligações a partir de diversas tentativas, chegando-se à configuração final somente depois de muito trabalho.

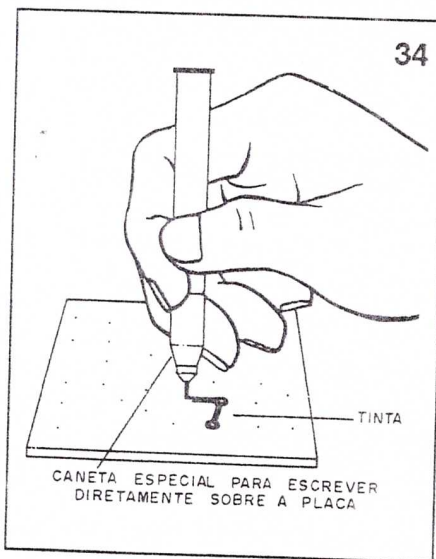
Lembramos que existem programas de computador que podem fazer este trabalho de interligações, bastando que o operador "peça" os pontos que devem ser interligados para que a máquina se encarregue de encontrar o

percurso mais favorável para a trilha, sem se utilizar do jumper. No entanto, tais programas, por serem caros e exigirem até computadores de porte, são um recurso para o projetista profissional.

### FAZENDO A PLACA

De posse do lay-out da placa, a elaboração pode ser realizada segundo diversas técnicas.

Para projetos mais simples, que utilizem poucos componentes e que não sejam críticos, a caneta própria para este tipo de trabalho é suficiente. Esta caneta, assim como todo o material para corrosão e preparo de uma placa, pode ser adquirido na forma de kit, nas casas de material eletrônico. A caneta contém uma tinta que não é atacada pela substância que remove o cobre da placa. Desta forma, se desenharmos as trilhas com esta caneta, na corrosão somente as partes não cobertas serão removidas, ficando o cobre sob a tinta. Depois, a tinta pode ser removida com facilidade por meio de solvente especial conforme mostra a figura 34.



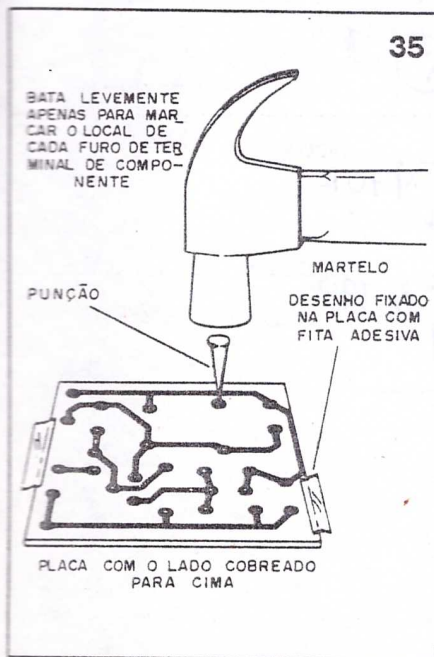
No entanto, no que se refere à aparência final de uma placa feita com este recurso, não temos um trabalho excelente, a não ser que o desenhista tenha muita prática.

Para obtermos linhas bem retas, pontos de conexão "ilhas" bem feitas e todas iguais, existe um recurso melhor que é o uso de símbolos auto-adesivos. Estes símbolos podem ser encontrados em cartelas e se transferem facilmente para o cobre da placa.

Uma maneira muito precisa de fazermos a transferência de um desenho



para uma placa e depois aplicarmos ou a caneta ou os símbolos auto-adesivos é mostrada na figura 35. Fazemos o desenho original da disposição dos componentes coincidir com a placa e depois marcamos apenas os pontos de conexão, ou seja, os pontos em que devem ser soldados os terminais dos componentes e que portanto correspondem a furos, com um punção. Marcando estes pontos, podemos depois, "copiar" com precisão as trilhas de interligação, tomando-os como referên-

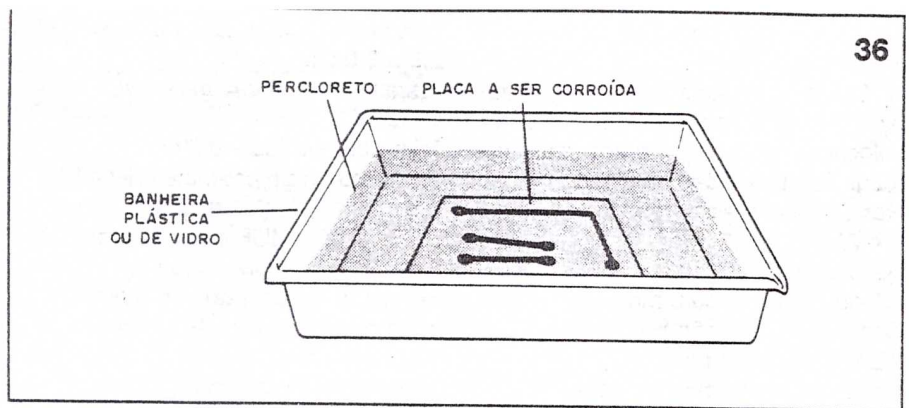


De posse do desenho transferido para o cobre, seja com símbolo auto-adesivo ou caneta, o passo seguinte na preparação da placa é a corrosão. A substância normalmente usada é o percloroeto de ferro. Esta substância tanto pode ser adquirida em casas de produtos químicos como também, e com mais facilidade, nas casas de materiais eletrônicos. Os kits de placas de circuito impresso já trazem esta substância em quantidade suficiente para "corroer" dezenas de placas.

O percloroeto é dissolvido lentamente em água e depois pode ser usado muitas vezes para fazer placas. Ao manuseá-lo é preciso muito cuidado pois seus vapores são tóxicos e ele mancha com muita facilidade.

O banho corrosivo é feito, colocando-se a placa numa pequena banheira de plástico ou vidro com o percloroeto (figura 36).

Uma pequena movimentação da banheira para agitar o líquido acelerará a



corrosão que, conforme a força do percloroeto pode durar entre 15 e 40 minutos.

Depois, da corrosão, lava-se a placa com água comum e limpa-se a tinta da caneta ou o decalque com um algodão ou esponja de aço que pode estar molhada num pouco de solvente como benzina ou acetona.

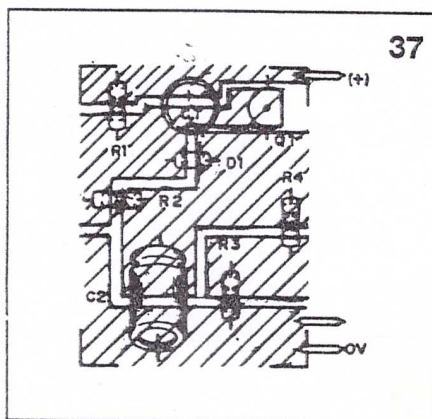
Feita a limpeza passa-se à furação. Pode ser usada uma broca comum de 1mm ou 0,8 mm, dependendo da espessura dos terminais dos componentes, ou então uma furadeira do tipo "grampeador" própria para esta tarefa e que faz parte da maioria dos kits de fabricação de placas de circuito impresso.

Terminada a elaboração da placa é só proceder à montagem.

### PLACAS ALTERNATIVAS

As técnicas que descrevemos não são únicas. Existem muitas outras que possibilitam a realização de projetos e montagens. Uma delas é mostrada na figura 37, e consiste na elaboração de regiões condutoras que serão recobertas com esmalte comum de unhas ou mesmo fita crepe ou fita isolante.

O procedimento para a projeto desta placa é o mesmo visto no início deste artigo com a única diferença que, em



lugar de termos uma simples trilha ligando os componentes, fazemos uma região cobreada de maior superfície. De certa forma, esta técnica de projeto tem algumas vantagens que merecem ser analisadas. Uma delas é o fato de que temos no desenho pequenas áreas a serem corroídas, o que significa uma boa economia da solução.

Gasta-se muito menos o percloroeto para corroer este tipo de placa, o que é interessante no caso de um projeto industrial. Outra vantagem está no fato de que uma superfície maior para o cobre representa uma resistência menor para a corrente e portanto menos problemas com os circuitos de alta corrente ou potência.

Mesmo nas placas com trilhas da maneira convencional é comum o preenchimento dos vazios com tinta ou esmalte, de modo a serem obtidas "ilhas" de cobre de maior superfície, conforme mostra a figura 38.

Além de economizar percloroeto, a colocação destas ilhas melhora a condução das correntes e até pode servir de blindagem em alguns casos.

Para a produção em série de placas de circuito impresso, o lay-out pode ser transferido para o cobre a partir de uma tela de silk-screen.

A tinta usada não é atacada pelo percloroeto, o que possibilita sua utilização imediata.

